植 物 分 类 学 报 24 (5): 362—369 (1986)
Acta Phytotaxonomica Sinica

中国栎属花粉形态研究

张金谈　　　　王萍莉
(中国科学院植物研究所,北京)　(中国科学院成都生物研究所,成都)

摘要　本文利用光学显微镜和电子显微镜对我国栎属 *Quercus* 30 多种花粉进行比较深入的研究,试图通过花粉形态的研究为栎属的植物分类和化石鉴定提供参考依据。

关键词　栎属;花粉形态;显微结构;亚显微结构。

栎属 *Quercus* 为壳斗科分布范围最广的一个大属,约 300 种,分布于亚、非、欧、美四洲,主产在亚洲。我国约 60 种,南北各地均有分布,常绿、半常绿或落叶乔木、其中常绿类分布在秦岭、淮河以南,落叶类分布较广。栎属化石在地层中经常遇到,不仅有叶,而且有果实,有时亦见有木材化石。主要分布于北半球,南半球偶有发现,在白垩系至更新统均有分布。栎属花粉在地层中亦常发现,但由于花粉粒体积较小,纹饰特征不明显,故属种鉴定均较困难。

本属现代花粉形态在国外有过不少的研究报道,例如 Моносзон, М. Х. (1954) 利用光学显微镜曾研究 11 种苏联产的栎属花粉形态,根据外壁纹饰作者对 11 种花粉作出分种的检索表,并附有不少的花粉绘图和显微照相,对与其相似的科属花粉进行了比较。Miyoshi, N. (1981) 利用扫描电镜研究12种日本产的栎属花粉形态,其中 6 种为常绿类,另 6 种为落叶类,作者企图通过外壁纹饰的研究来区分栎属下面的组,甚至种。Smit, A. (1973) 利用扫描电镜研究栎属花粉形态,试图通过花粉形态研究解决植物分类和化石花粉鉴定问题。

在国内,本属现代花粉形态除了《中国植物花粉形态》(1960)和《中国热带亚热带被子植物花粉形态》(1982)二书中分别有过 9 种和 6 种的简单描述外,其他尚无详细的报道。

本文在前人研究基础上利用多种研究方法,收集我国产的 30 多种栎属花粉进行比较深入的研究,试图对本属花粉仔细进行分析,为解决植物分类和化石花粉鉴定提供参考依据。

材料和方法

研究材料均采自云南林学院植物标本室腊叶标本,用醋酸酐分解法进行处理,每种各取一部分用作光学显微镜制片、观察和照相,另一部分用 50%,70%,95%,100% 乙醇逐级脱水干燥,然后用毛笔轻轻扫于双面胶纸上,沾于样品台上镀膜,供扫描电镜观察和照相。透射电镜是经醋酸酐分解后的材料,用 2% 的琼脂进行预包埋,然后用乙醇和丙酮依次在 50%,70%,90%,100% 逐级脱水 10—15 分钟,再用丙酮与环氧树脂(1:1)混合在室温下渗透 1—2 小时,再转入胶囊内,滴入包埋液,经 35℃ 16 小时,45℃ 12 小时,

本文承蒙云南林学院徐永椿教授大力支持和指导,作者谨此致谢。

60℃ 14 小时即成包埋块,然后进行修块,超薄切片,透射电镜观察和照相。

栎属的花粉形态

本属花粉球形或近球形。大小为 16.8—50.4μm。具 3 拟孔沟或 3 沟，孔一般不明显,在赤道面有时能见到孔的断面，沟一般明显，末端钝或尖。外壁较薄，厚度为 0.4—1.8μm，两层,外层厚于内层或两层几等厚,具颗粒状、小瘤状或细疣状纹饰。在光学显微镜下外壁纹饰不明显,但在扫描电镜下外壁纹饰比较明显。

从我们研究过的材料看,本属花粉通过扫描电镜观察落叶类与常绿类是有差别的,落叶类花粉纹饰一般较粗,呈小瘤状或细疣状，常绿类花粉纹饰一般较细，呈不规则的细颗粒。在光学显微镜下落叶类花粉纹饰明显，常绿类花粉纹饰不明显。利用透射电镜观察二者也有明显差别,落叶类花粉纹饰较粗糙,表面明显高低不平;常绿类外壁表面较平坦,高低不明显(见图版 1：12—14)。

本属各种花粉形态特征见表 1。

结 果 讨 论

1. 从观察结果可以看出，栎属植物按落叶与否将其分成落叶类和常绿类是合乎自然规律的。由于不同的地理分布和生态环境形成了栎属植物对不同生态环境的形态适应。在花粉形态特征上,各类群也具有近似的特征。例如，落叶类花粉粒体积一般较大，常见大小为 30μm 以上;萌发孔主要为 3 沟,少数可见到 3 拟孔沟，但拟孔均不明显；外壁较薄,一般厚度在 1.3μm 以下,少数达 1.5μm，表面纹饰较粗，颗粒明显,在扫描电镜下为分散的或聚合的粗颗粒。常绿类花粉粒体积一般较小，常见大小为 30μm 以下；萌发孔基本上为 3 拟孔沟,拟孔较明显;外壁较厚，高山栎组外壁厚度为 1.3—1.8μm，巴东栎组外壁厚度为 1.3μm 以下；表面纹饰细而密，颗粒不太明显，在扫描电镜下为细密不规则的小突起。

2. 关于落叶类和常绿类的分组，我国植物分类学家根据果实是当年成熟或翌年成熟及叶缘的锯齿而将落叶类分成麻栎组和槲栎组。在花粉形态上它们虽然均具有明显的粗颗粒状纹饰,但麻栎组的颗粒较均匀而稠密,外壁较薄，厚度在 1.3μm 以下，槲栎组的颗粒较均匀而稀疏,外壁较厚,厚度在 1.3μm 以上。根据叶中脉的“Z”字形弯曲与否及其它因素将常绿类分为高山栎组和巴东栎组。在花粉形态上，外壁的颗粒状纹饰虽然均不甚明显,但前者大部分的种其花粉表面的颗粒稀疏不明显，后者则细密明显。因此，通过仔细观察以上四个组的花粉形态也有所区别。

3. 铁橡栎 *Quercus cocciferoides* 锥连栎 *Q. franchtii* 匙叶栎 *Q. spathulata* 按植物外部形态应属于常绿类的巴东栎组，然而，后两种的外壁纹饰特征与常绿类明显不同,却与落叶类相似。我们认为：它们虽都属于硬叶常绿阔叶林的成员，但与亚热带东部偏湿性常绿阔叶林在分布区域、区系成分和植被上所反映的生物气候均有明显的差异。在花粉形态特征上亦见到有所变化。例如,铁橡栎与常绿类的特征较相近,锥连栎和匙叶栎则与落叶类的特征相近似。因此,从植物分类学角度看这是值得进一步探讨的问题。

表 1 中国栎属

Table 1 Morphological characteristics of

生物学特性 Biological feature	组别 Section	种名 Species	花粉编号 (Pollen NO.)	花粉大小 Size of pollen grains	萌发孔特征 Characteristics of aperture: 类型 Type	萌发孔特征 Characteristics of aperture: 沟长 length of colpus (μm)
落叶类	麻栎组	麻栎 *Quercus acutissima* Carr.	0101	37.8(33.6—44.3)× 31.5(29.4—37.8)	3 沟 3-colpate	29±
		栓皮栎 *Q. variabilis* Bl.	0127	33.6(29.4—42)× 33.6(29.4—42)	3 沟 3-colpate	28.6±
		小叶栎 *Q. chenii* Nakai	0131	35.7(33.6—42)× 37.8(31.5—39.9)	3 沟 3-colpate	27±
	槲栎组	槲栎 *Q. aliena* Bl.	0102	42(35.7—50.4)× 37.8(37.5—46.2)	3 沟 3-colpate	28±
		匙叶槲栎 *Q. aliena* var. *pellucida* Bl.	0129	31.5(31.5—35.7)× 31.5(29.4—35.7)	3 沟 3-colpate	23.4—27
		锐齿槲栎 *Q. aliena* var. *acuteserrata* Max.	0133	31.5(29.4—35.7)× 31.5(29.4—35.7)	3 沟 3-colpate	21.1—24.7
		毛叶槲栎 *Q. malacotricha* A. Camus	0134	31.5(27.3—35.7)× 31.5(27.3—33.6)	3 沟(极少数 3 拟孔沟) 3-colpate (3-colporoidate rarely)	22.1—23
		波罗栎 *Q. dentata* Thunb.	0132	35.7(31.5—37.8)× 37.8(35.7—39.9)	3 拟孔沟或 3 沟 3-colporoidate or 3-colpate	26±
		锐齿波罗栎 *Q. dentata* ver. *oxyloba* Fr.	0106	33.6(33.6—37.8)× 29.4(25.2—33.6)	3 沟 3-colpate	18.2—20.8
		枹栎 *Q. glandulifera* Bl.	0110	29.4(27.3—33.6)× 25.2(23.1—31.5)	3 沟(3 拟孔沟) 3-colpate (3-colporoidate)	19.3—20.8
		短柄枹栎 *Q. glandulifera* var. *brevipetiolata* (DC.) Nakai	0111	33.6(29.4—35.7)× 31.5(25.2—33.6)	3 沟 3-colpate	22—26
		小白栎 *Q. fabri* Hance	0108	31.5(27.3—31.5)× 31.5(29.4—35.7)	3 沟(3 拟孔沟) 3-colpate (3-colporoidate)	20.8—23.4
		蒙古栎 *Q. mongolica* Fisch.	0119	33.6(31.5—39.9)× 33.6(25.2—37.8)	同上 Do	25.7—26
		辽东栎 *Q. liaotungensis* Koidz.	0139	33.6(29.4—37.8)× 29.4(29.4—35.7)	3 沟 3-colpate	21—23
		橿子栎 *Q. baronii* Skan	0140	27.3(25.2—29.4)× 23.1(21—29.4)	3 沟(3 拟孔沟) 3-colpate (3-colporoidate)	19—20

花粉形态特征

pollen grains of Chinese *Quercus*

外壁特征 Characteristics of exine				地理分布与生态环境 Geographical distribution and habitat	图版号 Plate No.
层次 Stratification	厚度 (μ) Thickness (μm)	纹饰 Ornamentation 光镜下 Under LM	扫描电镜下 Under SEM		
2层，等厚 two layers, equal in thickness	0.4—0.6	明显粗颗粒 distinctly crass-granulate	瘤状，稠密 densely tuberculate	东亚广布种。生长于400—2200米的山地、丘陵地带。落叶乔木。	1:4—6
同上 Do	1.3±	同上 Do	同上 Do	东亚广布种。生长在400—1600米的向阳山坡，最高达2500米。落叶乔木。	1:1—3, 12
同上 Do	1.3±	同上 Do	同上 Do	华中，华东。生长在500米的丘陵地带。落叶乔木。	1:7—11
不明显 indistinctly	1.5±	同上 Do	聚合瘤状 aggregative-tuberculate	东亚广布种。生长于800—1500米的向阳山地。落叶乔木。	2:1—3
同上 Do	1.5±	同上 Do	瘤状 tuberculate	华东，华北，西北。落叶乔木。	2:10—12
2层，外层厚于内层 two layers, sexine thicker than nexine	1.5±	同上 Do	聚合瘤状 aggregative-tuberculate	东亚广布种。生长于1000—1800米山地稍阴湿的土壤。落叶乔木。	2:4—6
同上 Do	1.4±	明显颗粒 distinctly granulate	粗、细瘤状 crassly and finely tuberculate	西南地区固有种。落叶乔木。	2:7—9
2层，外层厚于内层 two layers, sexine thicker than nexine	1.3±	明显颗粒 distinctly granulate	粗，细瘤状 crassly and finely tuberculate	东亚广布种。生长于800—1300米向阳干旱的山坡、山脊地带。落叶乔木。	2:16—18
层次不明显 indistinctly	1.4—1.5	明显粗颗粒 distinctly crass-granulate	聚合瘤状 aggregative-tuberculate	西南地区固有种。生长于1000米左右的山地。落叶乔木。	2:13—15
2层，外层厚于内层 two layers, sexine thicker than nexine	1.3—1.5	明显颗粒 distinctly granulate	粗、细瘤状 crassly and finely tuberculate	东亚广布种。生长于1000米左右的山地。落叶乔木。	3:1—3
2层，等厚 two layers, equal in thickness	1.3±	明显粗颗粒 distinctly crass-granulate	同上 Do	国内广布种。生长于400—1600米的山地杂木林中。落叶乔木。	3:4—6
2层，外层厚子内层 two layers, sexine thicker than nexine	1.4±	明显细颗粒 distinctly finely granulate	同上 Do	我国广布种。生长于1600米山地或低海拔丘陵地带。落叶乔木。	3:7—9
2层，外层厚于内层 two layers, sexine thicker than nexine	1.4±	明显粗颗粒 distinctly crass-granulate	同上 Do	西北，东北，华北。生长于200—2000米阳坡。落叶乔木。	3:10—12
2层，等厚 two layers, equal in thickness	1.3±	同上 Do	同上 Do	西南，东北，西北。生长于600—2000米山坡林中。落叶乔木。	3:13
2层，外层厚于内层 two layers, sexine thicker than nexine	1.3±	明显颗粒 distinctly granulate	同上 Do	西北，西南，华中。生长于1200米左右的阳坡上。半常绿灌木或乔木。	3:14—15

续表 (cont.)

生物学特性 Biological feature	组别 Section	种名 Species	花粉编号 (Pollen NO.)	花粉大小 Size of pollen grains	萌发孔特征 Characteristics of aperture: 类型 Type	萌发孔特征 Characteristics of aperture: 沟长 length of colpus (μm)
常绿类	巴东栎组	巴东栎 *Quercus engleriana* Seem.	0107	29.4(25.2—37.8)×25.2(21—27.3)	3 拟孔沟 3-colporoidate	19.5
		乌冈栎 *Q. phillyraeoides* A. Gray	0122	25.2(23.1—27.3)×23.1(18.9—25.2)	3 拟孔沟(极少数 3 沟) 3-colporoidate (rarely 3-colpate)	18.2—19.5
		铁橡栎 *Q. cocciferoides* H.-M.	0130	29.4(25.2—37.8)×29.4(23.1—33.6)	3 拟孔沟 3-colporoidate	17—19.5
		锥连栎 *Q. franchetii* Skan	0128	27.3(25.2—31.5)×25.2(21—29.4)	同上 Do	19.5±
		匙叶栎 *Q. spathulata* Seem.	0125	27.3(25.2—33.6)×23.7(21—29.4)	3 沟(3 拟孔沟) 3-colpate (3-colporoidate)	18.2—19.5
	高山栎组	高山栎 *Q. semicarpifolia* Smith	0124	27.3(25.2—29.4)×23.1(23.1—25.2)	3 拟孔沟(极少数 3 沟) 3-colporoidate (rarely 3-colpate)	17—19.5
		矮高山栎 *Q. monimotricha* H.-M.	0120	27.3(21—29.4)×18.9(16.8—23.1)	同上 Do	19—20
		川滇高山栎 *Q. aquifolioides* R. et W.	0103	33.6(27.3—35.7)×25.2(21—27.3)	同上 Do	20.4
		长苞高山栎 *Q. fimbriata* Huang	0109	33.6(31.5—37.8)×27.3(23.1—29.4)	同上 Do	20.8—23.4
		川西栎 *Quercus gilliana* R. et W.	0112	33.6(31.5—35.7)×29.4(25.2—33.6)	3 拟孔沟 3-colporoidate	18.2—20.8
		帽斗栎 *Q. guyvaefolia* L'erl.	0113	31.5(29.4—39.9)×29.4(25.2—33.6)	3 拟孔沟(极少数 3 沟) 3-colporoidate (rarely 3-colpate)	18.4±
		黄背栎 *Q. pannosa* H.-M.	0121	29.4(25.2—31.5)×27.3(23.1—31.5)	3 拟孔沟 3-colporoidate	18.2—19.1
		灰背栎 *Q. senescens* H.-M.	0123	29.4(25.2—31.5)×25.2(23.1—27.3)	3 拟孔沟(极少数 3 沟) 3-colporoidate (rarely 3-colpate)	18.2±
		刺叶栎 *Q. spinosa* David	0126	27.3(25.2—29.4)×23.1(21—25.2)	3 拟孔沟 3-colporoidate	13—16
		长穗高山栎 *Q. longispica* A. Camus	0118	29.4(27.3—35.7)×27.3(21—31.5)	同上 Do	16.8±
		光叶高山栎 *Q. rehderiana* H.-M.	0141	31.5(25.2—37.5)×25.2(23.1—27.3)	3 拟孔沟(极少数 3 沟) 3-colporoidate (rarely 3-colpate)	15—17

续　表 (cont.)

外壁特征 Characteristics of exine				地理分布与生态环境 Geographical distribution and habitat	图版号 Plate No.
层　次 Stratification	厚　度 (μ) Thickness (μm)	纹饰 Ornamentation 光镜下 Under LM	纹饰 Ornamentation 扫描电镜下 Under SEM		
2层，外层厚于内层 two layers, sexine thicker than nexine	1.2±	纹饰不明显 indistinctly	疣状纹饰 verrucate	我国广布种。生长于 1000—2700 米的山地林中。落叶乔木。	4:1—3
同　上 Do	0.8—1.0	同　上 Do	细疣状纹饰 finely verrucate	东亚广布种。生长于 800—1800 米的密林中。常绿灌木或多枝小乔木。	4:4—6
同　上 Do	1.3±	同　上 Do	同　上 Do	西南地区固有种。生长于 1600—2000 米石灰岩河谷地带。常绿乔木或灌木。	4:7—9
同　上 Do	1.2	明显颗粒状 distinctly granulate	细疣状 finely verrucate	西南地区固有种。生长于 1600—2000 米的非石灰岩地区。(1200—2600 米也有)。常绿乔木。	4:13—15
同　上 Do	1.8±	同　上 Do	疣状纹饰 verrucate	我国广布种。生长于 1500—2400 米的山地林中。常绿乔木。	4:10—12
同　上 Do	1.4±	细密明显的颗粒 finely, densely and distinctly granulate	细密颗粒和小刺 finely densely granulate and spinulate	西南及外围地区固有种。生长于 2500—3900 米的阳坡山地混交林中。常绿乔木。	5:2—4
同　上 Do	1.4±	同　上 Do	同　上 Do	西南地区固有种。生长于 2400—3900 米的山地。常绿灌木。	5:1,5—6
同　上 Do	1.3±	同　上 Do	同　上 Do	西南地区固有种。生长于3000—4300 米的阳坡和半阳坡山地。常绿灌木至乔木。	5:7—9
同　上 Do	1.5—1.8	同　上 Do	同　上 Do	西南地区固有种。常绿灌木或小乔木。	5:10—12
2层，外层厚于内层 two layers, sexine thicker than nexine	1.5±	纹饰不明显 indistinctly	细、密颗粒和小刺 finely densely granulate and spinate	西南地区固有种。生长于2400—2700 米的林中。常绿灌木或小乔木。	6:1—3
同　上 Do	1.6±	同　上 Do	细、密的颗粒 finely densely granulate	西南地区固有种。生长于 2600—3200 米的石灰岩山地。常绿灌木或小乔木。	6:4—6
同　上 Do	1.4±	细、密、明显颗粒 finely, densely and distinctly granulate	细、密颗粒和小刺 finely and densely granulate and spinate	西南地区固有种。生长于 2600—3900 米的阴坡或半阴坡的中山混交林中。偶有在河谷两岸。常绿灌木或小乔木。	6:7—9
同　上 Do	1.4—1.8	同　上 Do	同　上 Do	西南地区固有种。生长于 1900 米左右的河谷两侧石灰岩山腰地带。常绿灌木或小乔木。	6:10, 13—14
同　上 Do	1.5±	同　上 Do	同　上 Do	我国广布种。生长于 600—2600 米的石灰岩山岭或峭壁上。常绿灌木或小乔木。	6:11—12, 15
同　上 Do	1.7±	同　上 Do	同　上 Do	西南地区固有种。生长于 2600—3200 米的石灰岩山地，与帽斗栎共建林。常绿乔木。	5:13—16
同　上 Do	1.5±	同　上 Do	同　上 Do	西南地区固有种。生长于 1800—3000 米的山地杂木林中(干旱石灰岩)。常绿小乔木。	5:17

参 考 文 献

[1] 中国科学院植物研究所形态室孢粉组，1960：中国植物花粉形态，科学出版社。
[2] 中国科学院植物研究所古植物室孢粉组及中国科学院华南植物研究所形态研究室，1982：中国热带亚热带被子植物花粉形态，科学出版社。
[3] 中国植被编委会，1980：中国植被，科学出版社。
[4] 云南植物研究所，1979：云南植物志，第二卷(壳斗科)。
[5] 北京植物研究所，1972：中国高等植物图鉴，第一卷，科学出版社。
[6] 徐永椿、任宪威，1975：云南壳斗科分类与分布(一)，植物分类学报，**13**(4)：9—26。
[7] 徐永椿、任宪威，1976：云南壳斗科分类与分布(二)，植物分类学报，**14**(2)：73—88。
[8] Erdtman, G., 1967: On the pollen morphology of Trigonobalanus (Fagaceae). *Bot. Not.* **120**: 324—333.
[9] Li H. L. and J. Y. Hsiao, 1973: A preliminary study of the chemosystematics of American oaks: phenolic characters of leaves. *Bartonia* **42**: 5—13.
[10] Miyoshi Norio, 1981: Pollen morphology of Japanese Quercus (Fagaceae) by means of scanning electron microscope. Jap. Jour. Palynology **27**(2): 45—50.
[11] Olsson V., 1975: On the size and microstructure of pollen grains of Quercus robur and Q. petraea (Fagaceae). *Bot. Not.* **128**: 254—264.
[12] Smit A., 1973: A scanning electron microscopical study of the pollen morphology in the genus Quercus. *Acta Bot. Neerl* **22**(6): 655—665.
[13] Solomon A. M., 1983: Pollen morphology and plant taxonomy of white oaks in eastern north America. *Amer. J. Bot.* **70**(4): 481—494.
[14] Solomon A. M., 1983: Pollen morphology and plant taxonomy of red oaks in eastern north America. *Amer. J. Bot.* **70**(4): 495—507.
[15] Stanley E. A., and G. O. W. Kremp, 1959: Some observations on the geniculus in the pollen of Quercus prinoides. *Micropaleontology* **5**: 351—354.
[16] Tillson A. H. and C. H. Muller, 1942: Anatomical and taxonomic approaches to subgeneric segregation in American Quercus. *Amer. J. Bot.* **29**: 523—529.
[17] Yamazaki T. and M. Takeoka 1959: Electronmicroscope investigations on the surface structure of the pollen membrane, based on the replica method. v. especially on the pollen genus Quercus. *J. Jpn. For. Soc.* **41**: 125—130.
[18] Доктуровский В. С. и Кудряшов В. В. 1923: Пыльца в торфе. *Изв. Научно-экспер, Торф. ин-та*, № 5.
[19] Моносзон М. Х. 1954: Морфологическое описание пыльцы главнейших видов дуба, произрастающих на территории СССР. *Труды института географии АН СССР*, Том 61.
[20] Нейштадт М. И. 1955: К истории распространения Монгольского дуба на территории СССР в голоцене. *"Тр. ин-та геогр. АН СССР"*, Том 43.
[21] Федорова Р. В. 1950: Количественные закономерности в распространении ветром пыльцы дуба. *"Тр. ин-та геогра. АН СССР"*, Том 46.

POLLEN MORPHOLOGY OF QUERCUS L. IN CHINA

CHANG KING-TANG

(Institute of Botany, Academia Sinica, Beijing)

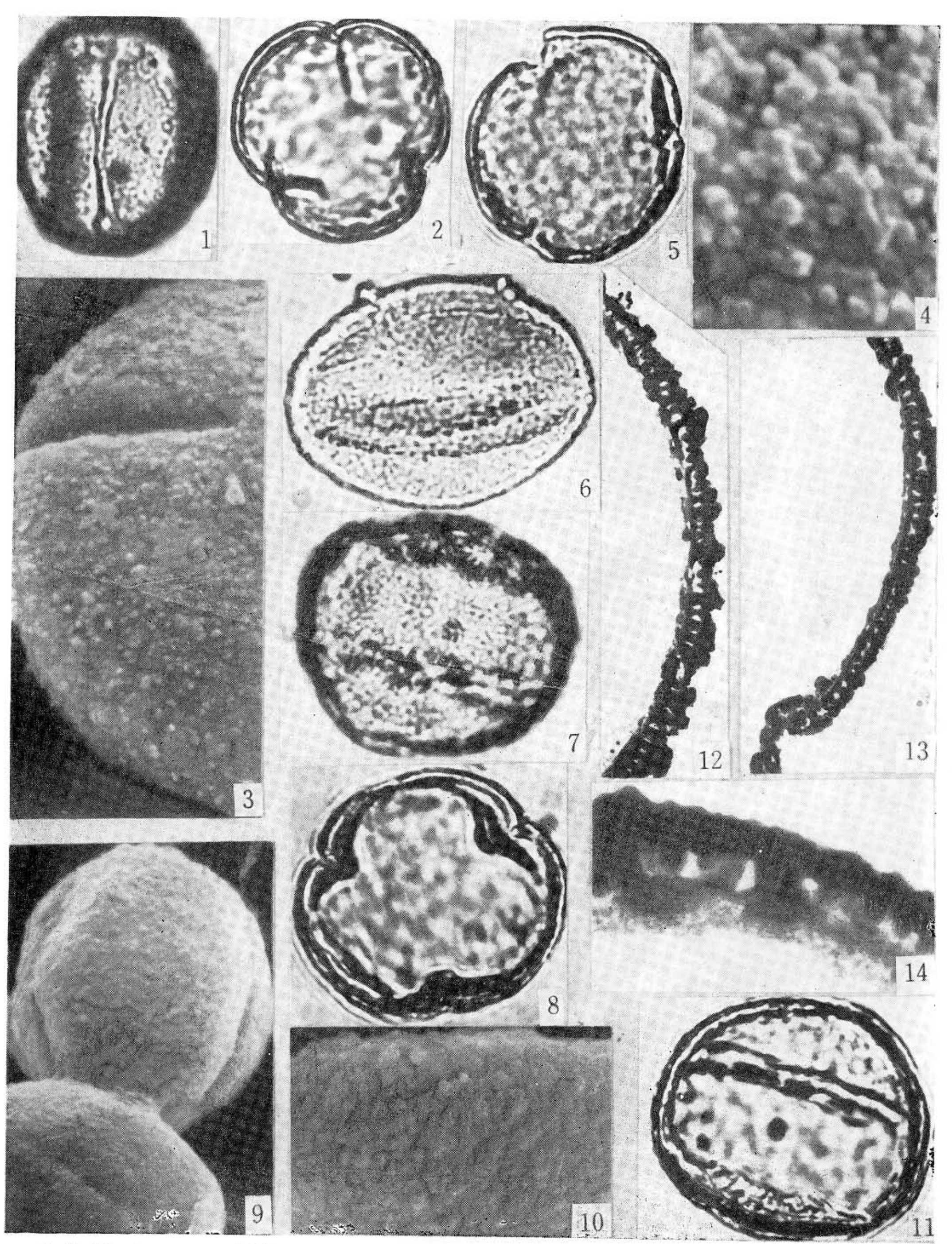
WANG PING-LI

(Chengdu Institute of Biology, Academia Sinica, Chengdu)

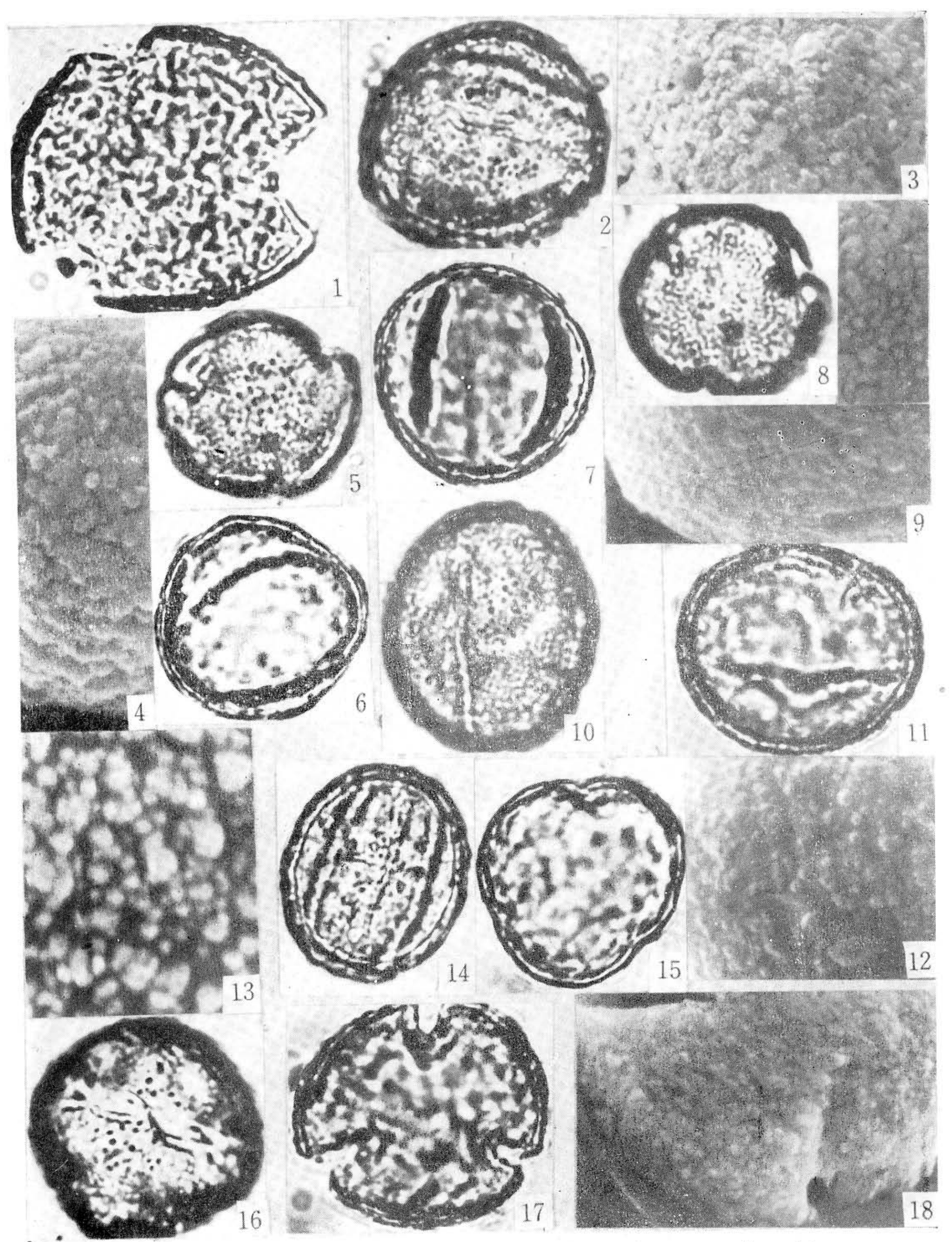
Abstract The present paper describes the pollen morphology of 31 species of the genus *Quercus* from China. The pollen grains were all examined with light microscope and scanning electron microscope, and those of some species under transmission electron microscope.

Pollen grains of the genus are spheroidal or subspheroidal, 16.8—50.4 μm in diameter, 3-colporoidate or 3-colpate. The exine is 2-layered, 0.4—1.8 μm thick, sexine thicker than nexine, granulate, tuberculate or verrucate.

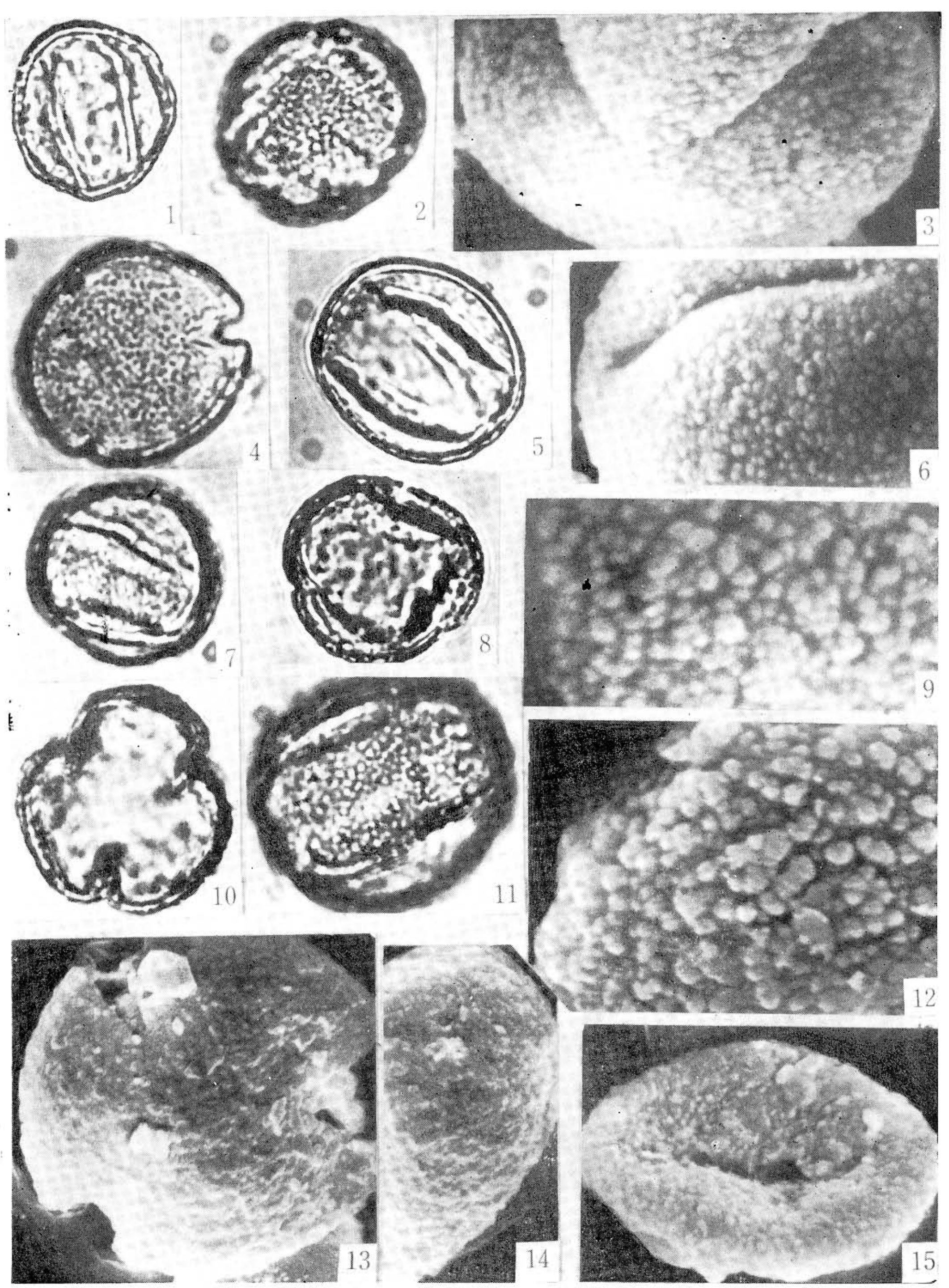
Key words *Quercus;* Pollen morphology; Microstructure; Ultrastructure



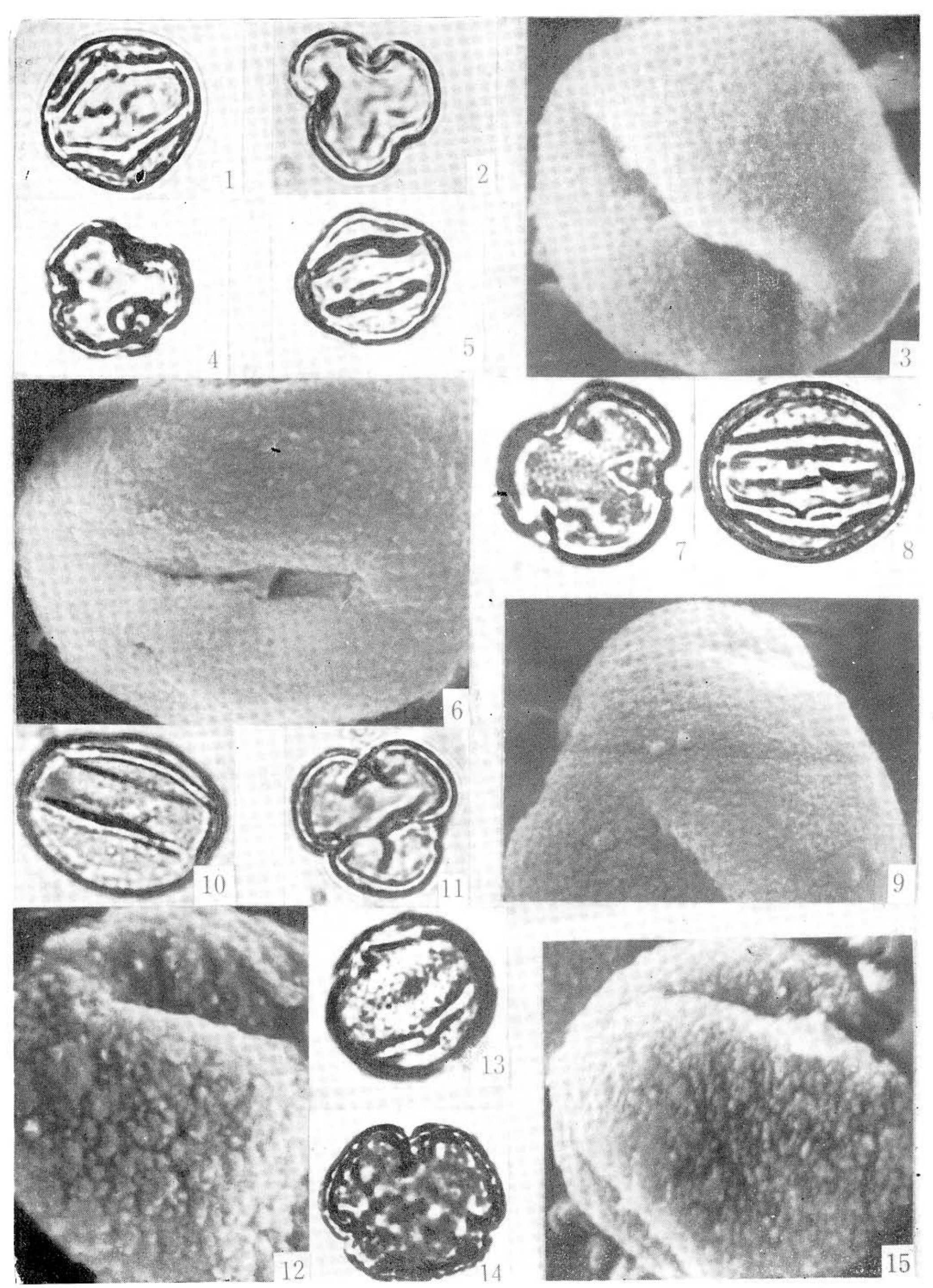
1—3, 12. *Quercus variabilis*; 4—6. *Q. acutissima*; 7—11. *Q. chenii*; 13—14. *Q. semicarpifolis*;
3. × 2880; 4. × 2880; 5. × 8500; 9. × 1440; 10. × 2625; 12. × 3750; 13. × 3714;
14. × 6800; 其余均×1000。



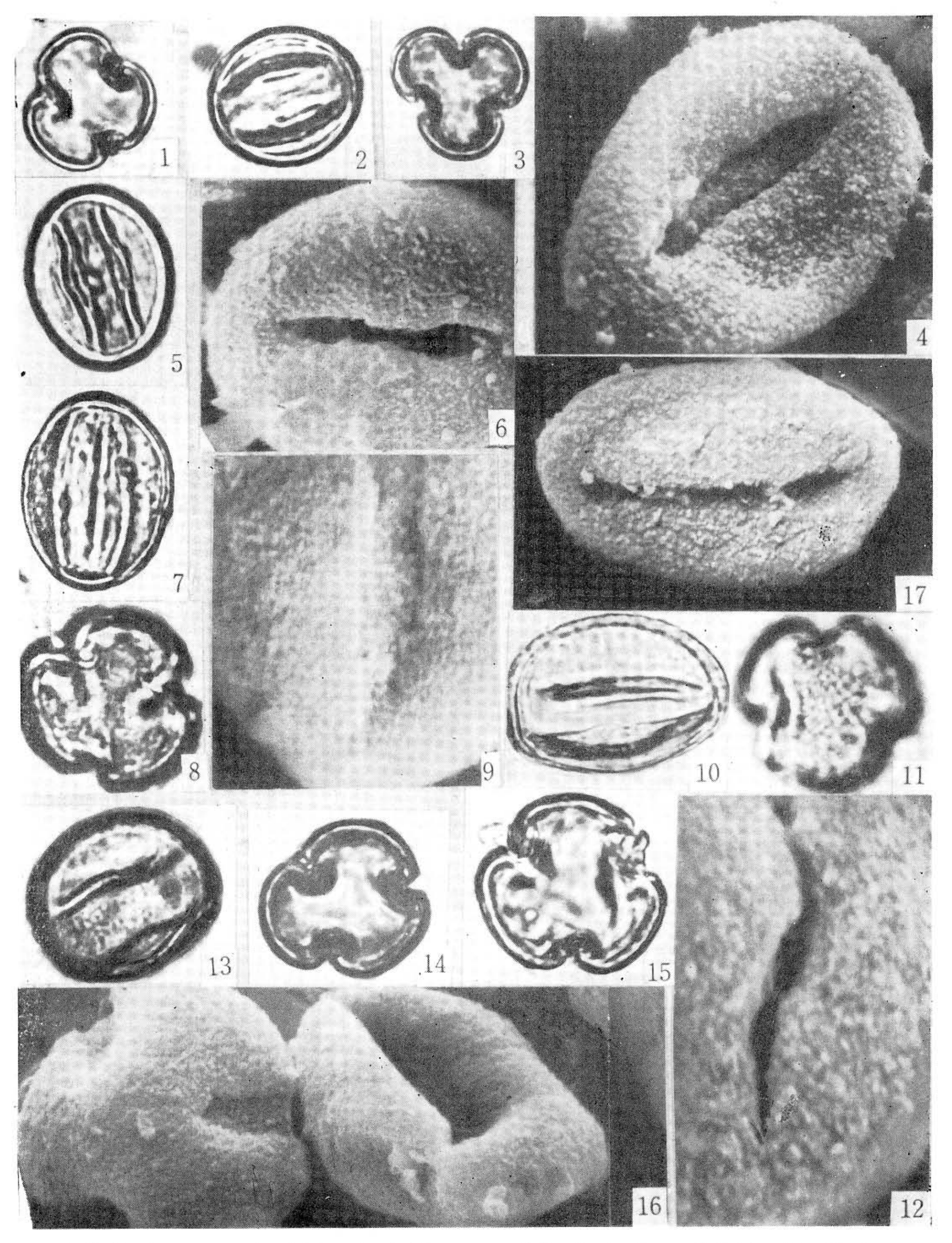
1—3. *Quercus aliena*; 4—6. *Q. aliena* var. *acuteserrata*; 7—9. *Q. malacotricha*; 10—12. *Q. aliena* var. *pellucida*; 13—15. *Q. dentata* var. *oxyloba*; 16—18. *Q. dentata*; 3. × 2300; 4. × 3000; 9. × 2720; 12. × 2800; 13. × 4000; 18. × 1970; 其余均×1000。



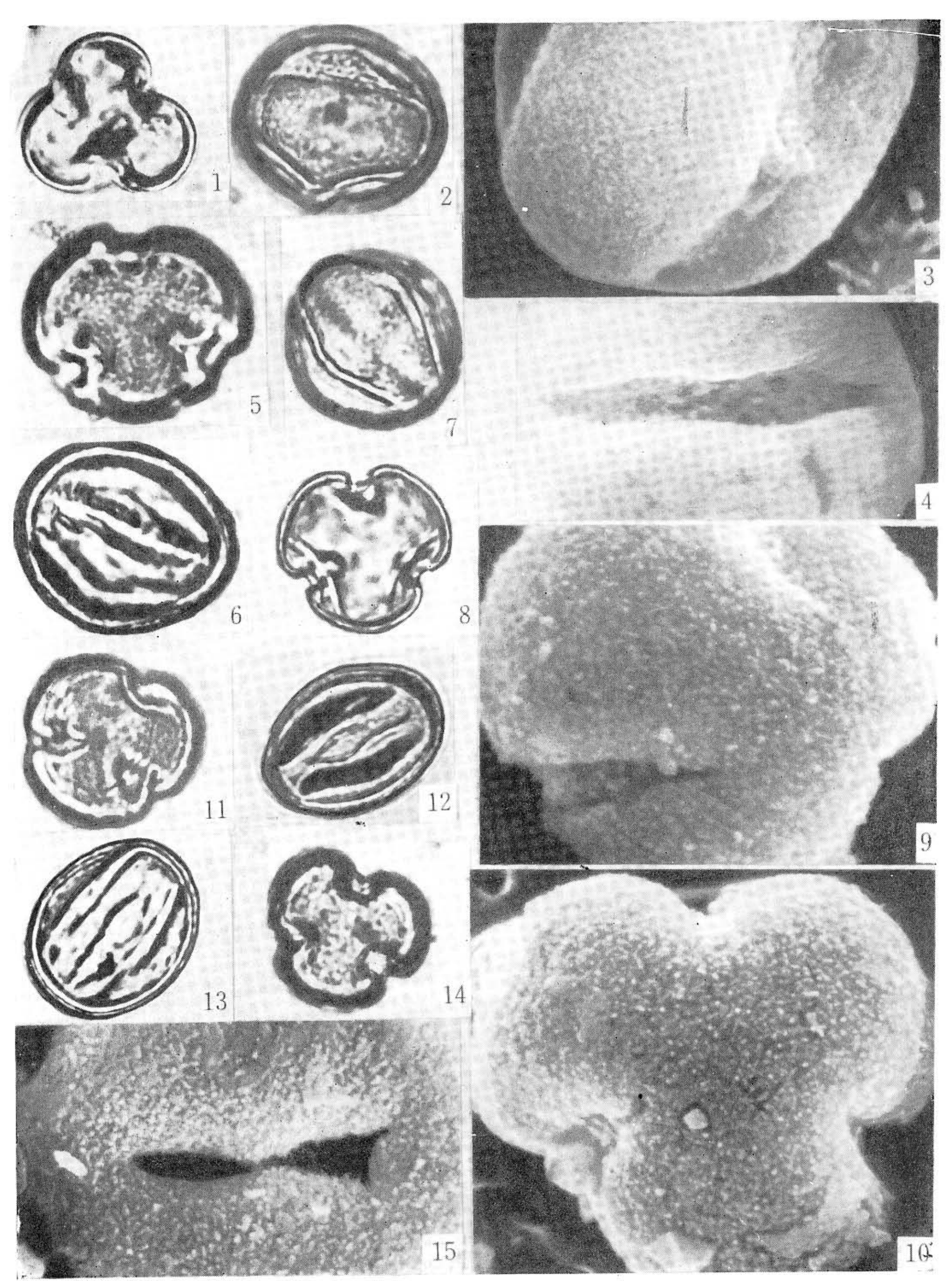
1—3. *Quercus glandulifera*; 4—6. *Q. glandulifera* var. *brevipetiolata*; 7—9. *Q. fabri*; 10—12. *Q. mongolica*; 13. *Q. liaotungensis*; 14—15. *Q. baronii*; 3. ×2570; 6. ×2400; 9. ×3400; 12. ×4200; 13. × 1400; 14. × 1924; 15. × 2300; 其余均×1000。



1—3. *Quercus engleriana*; 4—6. *Q. phillyraeoides*; 7—9. *Q. cocciferoides*; 10—12. *Q. spathulata*; 13—15. *Q. franchetii*; 3. × 2924; 6. × 3600; 9. × 2673; 12. × 3800; 15. × 2800; 其余均×1000。



1, 5, 6. *Quercus monimotricha*; 2—4. *Q. semicarpifolia*; 7—9. *Q. aquifolioides*; 10—12. *Q. fimbriata*; 13—16. *Q. longispica*; 17. *Q. rehderiana*; 4. × 2275; 6. × 2280; 9. × 2880; 12. × 3600; 16. × 2080; 17. × 2080;其余均×1000。



1—3. *Quercus gilliana*; 4—6. *Q. guyvaefolia*; 7—9. *Q. pannosa*; 10, 13, 14. *Q. senescens*; 11, 12, 15. *Q. spinosa*; 3. ×2755; 4. ×3240; 9. ×3200; 10. ×3675; 15. ×2800; 其余均×1000。